

## Klasifikasi kondisi lingkungan – Bagian 2-6: Kondisi lingkungan yang timbul di alam - Getaran dan kejut gempa-bumi





## Daftar isi

	Halaman
Daftar isi .....	i
1 Ruang Lingkup dan tujuan .....	1
2 Acuan Normatif .....	1
3 Umum .....	1
4 Skala seismik .....	2
5 Uraian lingkungan seismik berdasarkan spektra respon .....	4
6 Peta zona gempa-bumi.....	5







## Klasifikasi kondisi lingkungan

### Bagian 2-6 : Kondisi lingkungan yang timbul di alam – getaran dan kejut gempa-bumi

#### 1 Ruang lingkup dan tujuan

Bagian dari standar klasifikasi kondisi lingkungan ini membahas kondisi lingkungan yang timbul di alam, dan khususnya yang berkaitan dengan getaran dan kejut gempa-bumi.

Tujuan standar ini adalah untuk menentukan beberapa sifat dan kualitas dari karakter gempa-bumi sebagai acuan untuk tingkat kecermatan dari produk yang akan terkena selama penyimpanan dan penggunaan. Percepatan yang dimaksud hanya untuk gempa bumi permukaan tanah. Kondisi yang berkaitan dengan struktur bangunan digunakan juga sebagai acuan tetapi terbatas pada kasus umum.

#### 2 Acuan normatif

IEC 721-1 : 1990, *Classification of environmental conditions – Part 1 : Environmental parameters and their severities.*

#### 3 Umum

Pengaruh gempa-bumi adalah getaran yang dapat dimodelkan sebagai proses yang tidak beraturan (stokastik), dan dapat mempengaruhi produk dan memberikan tegangan dalam berbagai bentuk.

Ayat ini dimaksudkan untuk memberikan informasi tentang sifat gempa-bumi, dan tentang kinerja dinamik dari produk selama gempa-bumi. Angka yang ditentukan adalah tipikal dan ilustratif tetapi tidak dapat dianggap sebagai angka standar untuk kondisi yang berbeda.

##### 3.1 Pusat gempa-bumi dan porambatannya

Gempa-bumi terjadi pada saat tegangan telah terakumulasi sedemikian sehingga menyebabkan patahan pada kerak bumi. Ketidakstabilan ini berada di daerah yang dikenal sebagai zone seismik aktif, yang berhubungan dengan serangkaian bencana geologi seperti pada palung, gelombang lautan, deretan pegunungan, gunung berapi, parit laut, gangguan tektonik,

- Patahan yang mendadak menyebabkan perubahan energi potensial yang menyebar dari hiposentrum dalam bentuk tiga gelombang dasar yang tipikal dengan kecepatan berbeda: volume gelombang longitudinal yang memanfaatkan dan mengembang batuan searah dengan rambatan;
- gelombang transversal yang memotong batuan dengan distorsi, tegak lurus dengan



- arah rambatan;
- gelombang permukaan yang merupakan kombinasi ke dua gelombang di atas dan tergantung pada permukaan bumi.

### 3.2 Sifat gempa-bumi

Gempa bumi menghasilkan gerakan tanah acak yang dipengaruhi secara simultan (oleh komponen horizontal dan vertikal) tetapi secara statistik tidak saling mempengaruhi. Gempa-bumi sedang dapat berlangsung selama 15 detik sampai dengan 30 detik; gempa bumi hebat selama 60 detik sampai dengan 120 detik. Umurnya, bagian yang kuat dengan akselerasi tanah tertinggi dapat berlangsung sampai dengan 10 detik. Pita-lebar tipikal energi maksimumnya pada julat frekuensi 1 Hz sampai dengan 35 Hz., dan dari spektrum gerakan acak dan menyebabkan kerusakan lebih besar dari pada 1 Hz sampai dengan 10 Hz. Biasanya komponen vertikal dari gerakan tanah dianggap antara 67% dan 100% dari horizontal di bawah 3,5 Hz dan sama dengan horizontal di atas 3,5 Hz.

CATATAN Akselerasi maksimum biasanya digunakan dalam desain untuk merefleksikan "kekuatan" gempa-bumi pada suatu tempat yang tertentu.

### 3.3 Produk pada pondasi

Spektra pita-lebar tipikal yang menggambarkan gerakan tanah menunjukkan bahwa penguatan frekuensi ganda lebih berpengaruh. Sifat getaran dari gerakan tanah (horizontal dan vertikal) dapat diperbesar pada produk yang terpasang pada pondasi. Untuk beberapa gerakan tanah, pembesaran amplitudo tergantung pada karakteristik frekuensi getaran sistem (tanah, pondasi dan produk) dan pada mekanisme redaran.

### 3.4 Produk di dalam bangunan dan struktur

Gerakan tanah (terutama horizontal) dapat disaring dan diperkuat dengan memperhitungkan struktur bangunan untuk menghasilkan gerakan lantai sinusoidal yang berfluktuasi. Spektra pita-tipis tipikal yang menggambarkan gerakan lantai bangunan menunjukkan bahwa penguatan frekuensi tunggal lebih berpengaruh. Respon dinamik dari produk yang terpasang pada lantai bisa mencapai percepatan beberapa kali respon dinamik percepatan tanah maksimum, tergantung pada peredaman sistem dan karakteristik frekuensi getaran. Pembesaran dan lebar-pita spektrum tergantung pada karakteristik respon dinamik dari masing-masing bangunan dan struktur produk. Produk yang peka terhadap julat frekuensi dari 5 Hz sampai dengan 8 Hz sangat memungkinkan untuk dipengaruhi.

## 4 Skala seismik

Dalam seismologi, gempa-bumi diklasifikasikan dengan bantuan skala sesuai dengan intensitas dan besarnya.

Skala intensitas (misalnya skala MSK yang dimodifikasi atau skala MERCALLI — CANNAN/ - SIEBERG) ditentukan secara empiris dan mengklasifikasi gempa-bumi dalam tingkat



intensitas sesuai dengan pengaruhnya (lihat Tabel 1).

Skala besaran (misalnya skala RICHTER) didasarkan pada nilai yang tercatat dan menilai energi seismik yang dilepas pada pusat gempa.

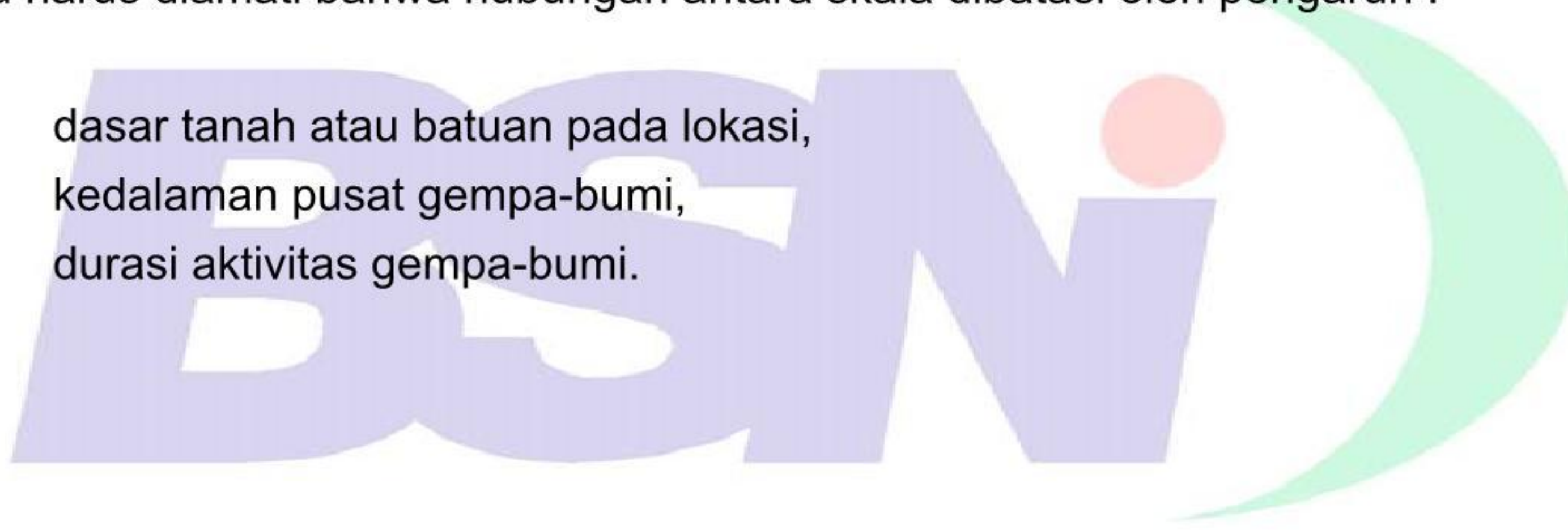
Skala ini dapat kira-kira disamakan dengan nilai tertentu percepatan tanah penggunaan untuk menentukan nilai uji harus dibatasi.

Sebagai perkiraan hubungan antara skala MERCALLI dan akselerasi tanah diberikan dalam Tabel 1. Tingkat percepatan untuk kondisi permukaan tanah diberikan dalam Tabel 1. Hubungan antara skala MERCALLI dan tingkat percepatan pada produk hanya dapat diperkirakan dengan memperhitungkan faktor-faktor berikut :

- kondisi tanah atau batuan (termasuk jenuh air),
- jarak antara aktivitas gempa-bumi,
- kondisi struktur atau alas produk.

Suatu perkiraan yang menunjukkan hubungan antara skala intensitas dan skala besaran disajikan dalam Tabel 2 berceklah rnenjajarkan skaia besaran RICHTER dengan Tabei 1. Hal itu harus diamati bahwa hubungan antara skala dibatasi oleh pengaruh :

- dasar tanah atau batuan pada lokasi,
- kedalaman pusat gempa-bumi,
- durasi aktivitas gempa-bumi.





Tabel 1 Tingkat intensitas gempa-bumi

Skala MERCALLI yang dimodifikasi		Perkiraan Tingkat Percepatan $M/det.^2$	Zona Seismik (lihat catatan)
1	Tidak terasa	2	0
2	Terasa oleh orang sedang diam atau pada lantai atas		
3	Benda tergantung berayun Getaran ringan		
4	Getaran seperti dari truk beral lewat kawat Jendela dan barang pecah belah berderit, mobil bergoyang		
5	Terasa di luar ruangan Membangunkan orang tidur Benda-benda kecil berjatuhan Hiasan dinding bergerak	2	1
6	Dirasakan oleh setiap orang Perpindahan perabotan Kerusakan : Gelas pecah, jatuhnya susunan barang dagangan, retaknya plester bangunan		
7	Dirasakan oleh mobil yang jalan bergerak Hilangnya keseimbangan orang sedang berdiri Lonceng gereja berbunyi Kerusakan : kerusakan cerobong asap dan ornamen arsitek, plester bangunan rontok, perabotan rusak, retak yang lebar pada plester dan dinding bangunan, tembok bata bangunan roboh		
8	Gangguan stir mobil yang sedang berjalan Ranting pohon patah Keretakan pada tanah padat Kehancuran pada : menara tangki air, monumen, bangunan batu kerusakan ringan sampai berat : konstruksi batu bata, rangka bangunan (tanpa dilanar pada pondasi), pekerjaan irigasi, tanggul	3	2

Tabel 2 Perkiraan besaran skala RICHTER

0 – 2
1 – 2
2 – 3
3 – 4
4 – 5
5 – 6
5 – 7
6 – 8



Tabel 1 (lanjutan)

Skala MERCALLI yang Dimodifikasi		Perkiraan Tingkat Percepatan $M/det.^2$	Zona Seismik (lihat catatan)
9	"Kawah pasir" pada pasir padat kota Tanah longsor ; Keretakan tanah <i>Kehancuran pada : tembok bata Tanpa kolom</i> <i>kerusakan ringan sampai berat : struktur beton bertulang yang tidak memadai, pipa bawah tanah</i>	5	3 dan 4
10	Meluasnya tanah longsor dan kerusakan tanah <i>Kehancuran : Jembatan, terowongan, beberapa struktur bangunan beton bertulang</i> <i>Kerusakan ringan sampai berat : bangunan gedung, Bendungan, rel kereta api</i>		
11	Distorsi tanah permanen		
12	Hampir rusak total		
CATATAN Zone tersebut di atas menunjukkan perkiraan kejadian tingkat intensitas selama periode 50 tahun (lihat Gambar 5)			

Tabel 2 (lanjutan)

7 – 9
8 atau lebih

## 5 Uraian lingkungan seismik berdasarkan spektra respon

### 5.1 Spektrum respon

Uraian desain lingkungan seismik khusus untuk pengujian yang umumnya diterima adalah penggunaan spektra respon. Dalam spektrum respon, respon maksimum dari suatu kelompok osilator yang masing-masing mempunyai tingkat kebebasan tunggal dengan redaman viscositas yang tepat digambarkan sebagai fungsi frekuensi karakteristik dari osilator ini dikaitkan dengan percepatan gerakan tanah yang disebabkan oleh gempa-bumi. (Harus diperhatikan menunjukkan bahwa spektrum respon bukan spektrum dalam arli sebenarnya).

Gambar 1 menunjukkan contoh catatan percepatan (perjalanan waktu alami) dari gempa-bumi sebenarnya.

Gambar 2 menunjukkan model penggabungan spectrum respon pada amplitudo getaran awal osilator dengan frekuensi karakteristik tetap  $f_{ri}$  ( $i = 1$  sampai dengan  $n$ ) dan redaman konstan dicatat. Amplitudo respon osilator akan lebih besar, lebih panjang dan lebih kuat jika diasut pada frekuensi karakteristiknya.



### 5.2 Spektrum respon dasar

Jika perjalanan waktu gerakan tanah telah tercatat pada kawasan gempa-bumi, atau di sekitarnya, maka dapat digunakan untuk menetapkan spektrum respon. Perubahan bentuk dengan pengendalian perubahan bentuk dapat dihasilkan spektrum dasar yang merefleksikan awal seismik gempa bumi (gambar 3).

Sejumlah spektrum respon dasar yang mewakili yang di dapat dari beberapa gempa bumi berbeda menggambarkan tegangan seismik yang diharapkan untuk lokasi atau daerah tersebut.

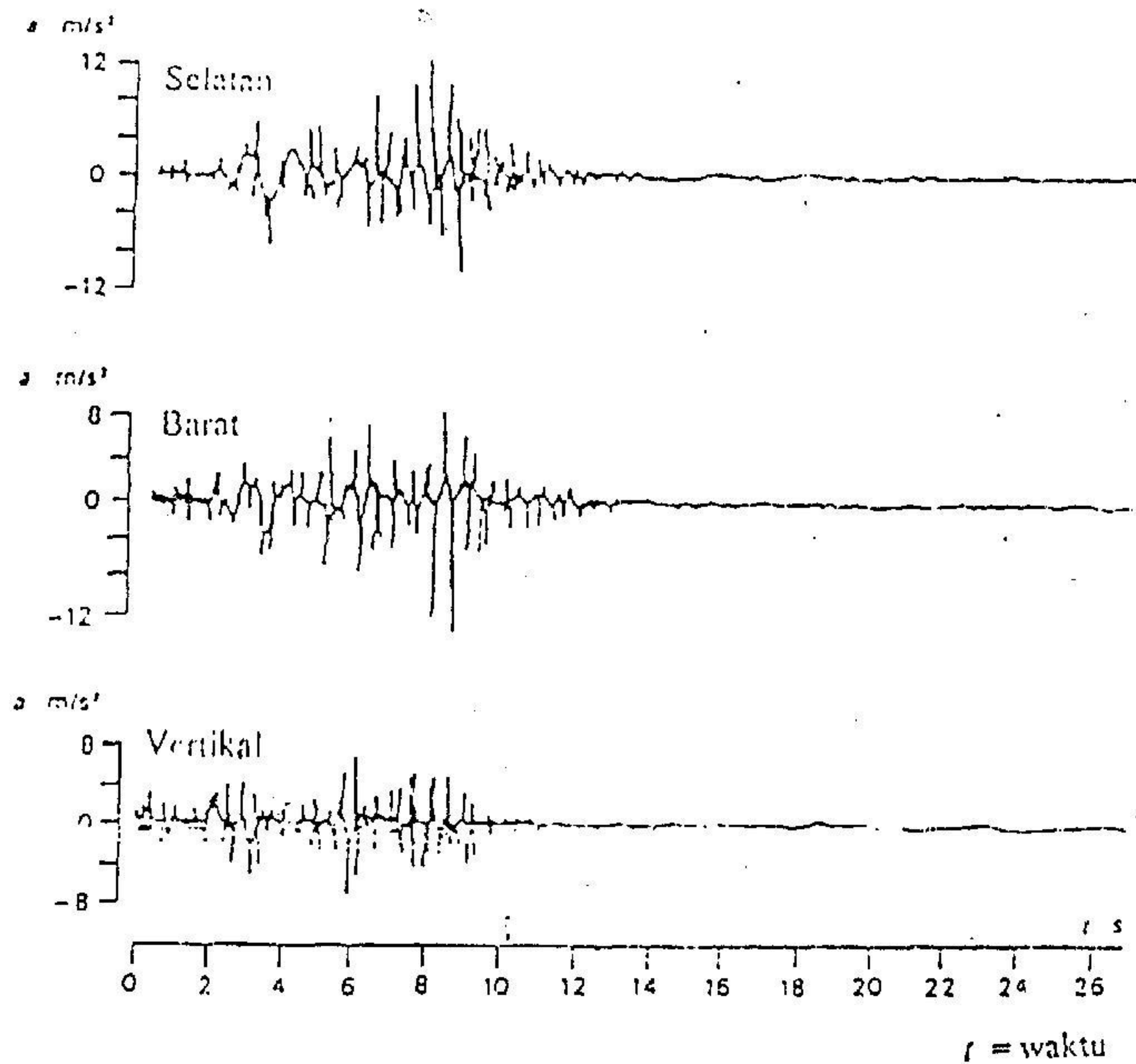
### 5.3 Spektrum respon yang disyaratkan

Kurva yang melingkupi spektrum respon dasar diistilahkan sebagai spektrum respon yang disyaratkan karena menandai syarat batas getaran yang dibuat pada suatu jenis barang yang mungkin akan mengalaminya pada suatu daerah selama gempa bumi. Implementasi yang berbeda pada produk dikawasan tertentu dapat mengarah pada penggunaan beberapa spektra respon yang disyaratkan telah dikoreksi menurut sifat penyangganya (struktur bangunan, lantai, atau selungkup, dsb.). Spektrum ini (Gambar 4) menunjukkan hubungan antara frekuensi, amplitudo (perpindahan, kecepatan atau akselerasi) dan peredaman untuk tujuan pengujian.

## 6 Peta zona gempa-bumi

Zone gempa-bumi yang berbeda seperti dalam Tabel 1 ditunjukkan pada peta dunia dalam Gambar 5.

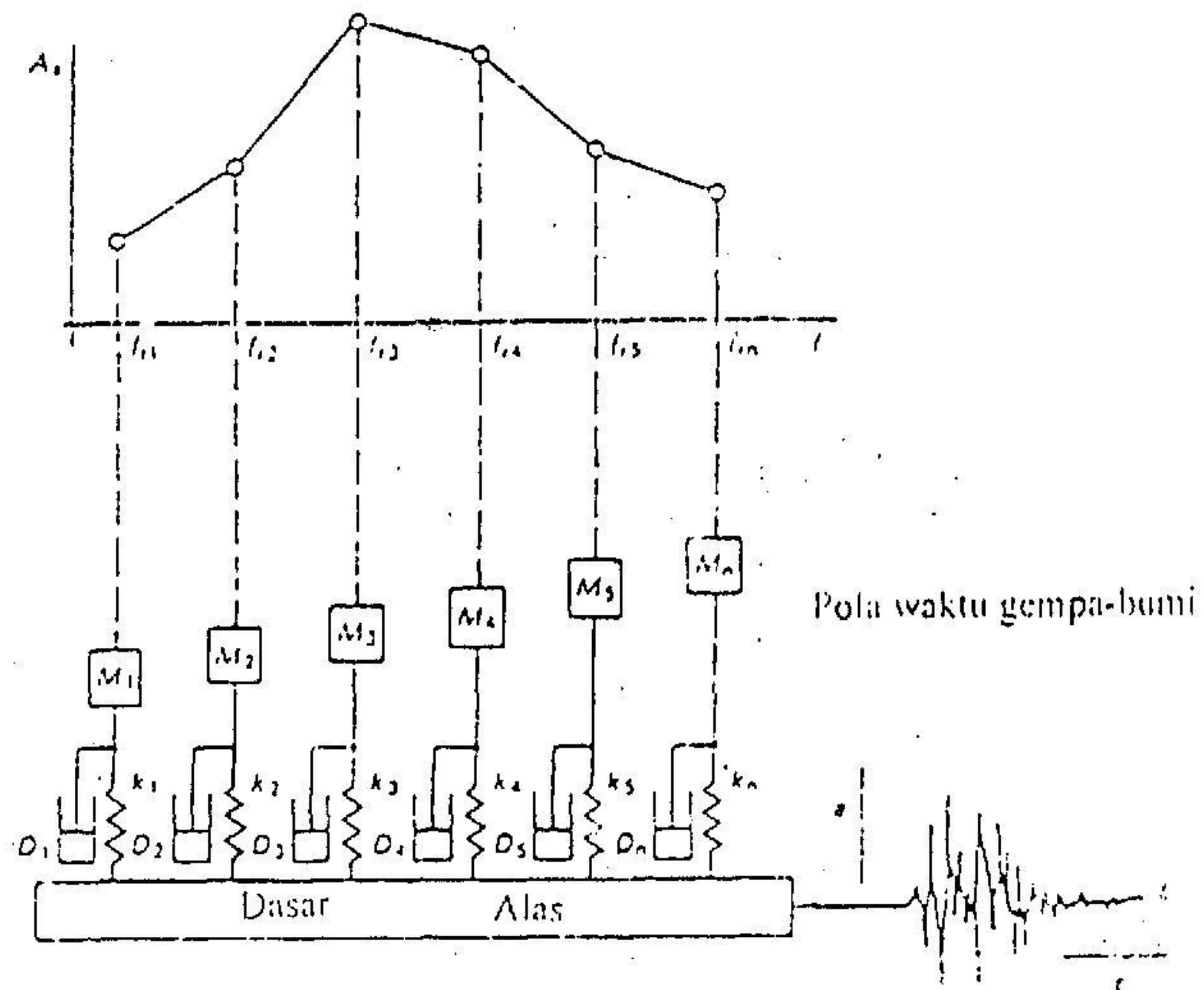




a = percepatan

Gambar 1 Rekaman percepatan gempa bumi di lembah San Fernando (1971)





$a$  = amplitudo awal

$A_a$  = amplitudo percepatan respon tanggapan

$D_i$  = redaman

= frekuensi alami osilator yang berbeda

$f$  = frekuensi

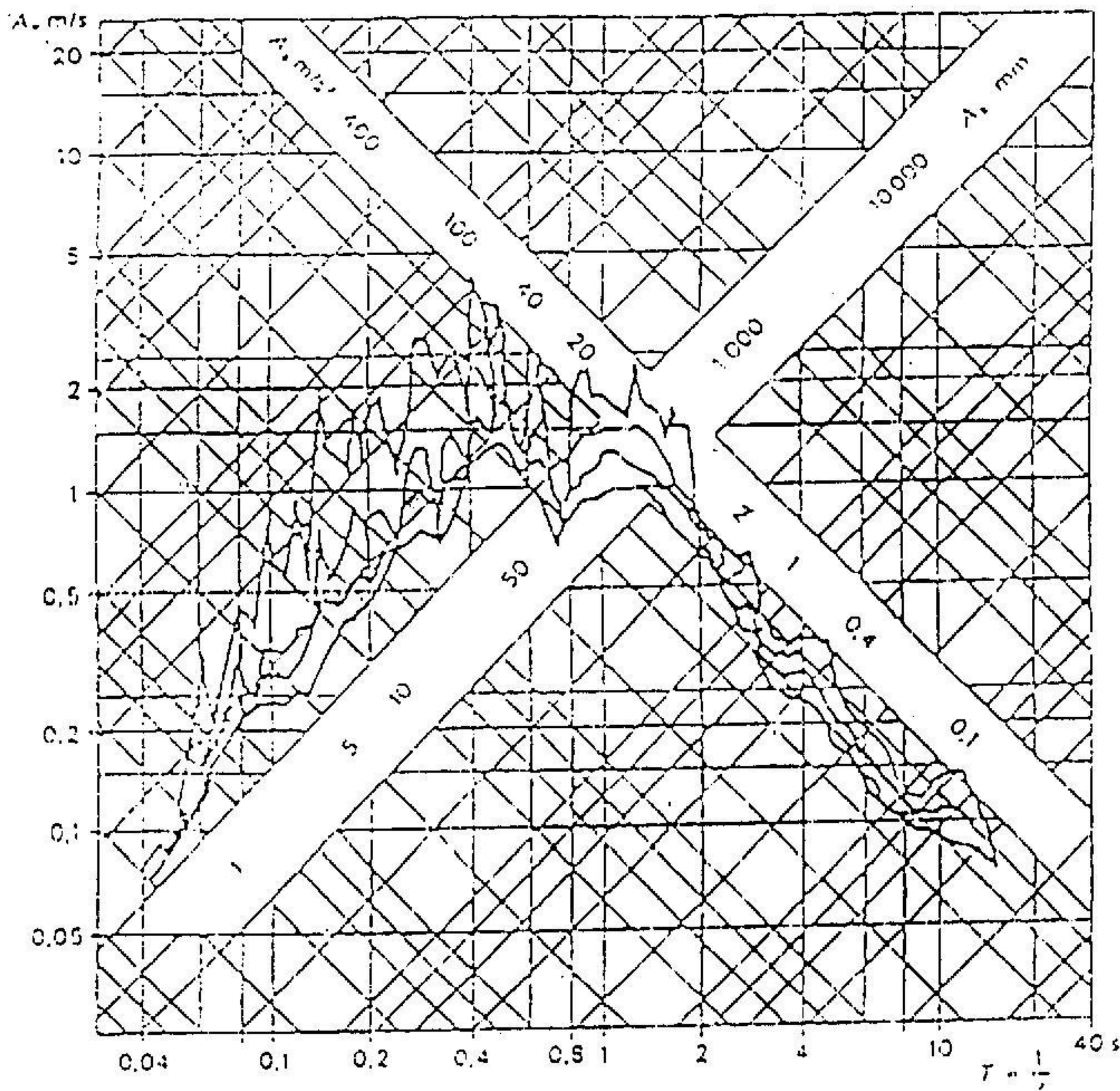
$k_i$  = kekakuan

$M_i$  = massa

$t$  = waktu

Gambar 2 Model komposisi spektrum respon dasar





$A_a$  = amplitudo percepatan respon

$A_s$  = amplitudo perpindahan respon .

$A_v$  = amplitudo kecepatan respon

$F$  = frekuensi

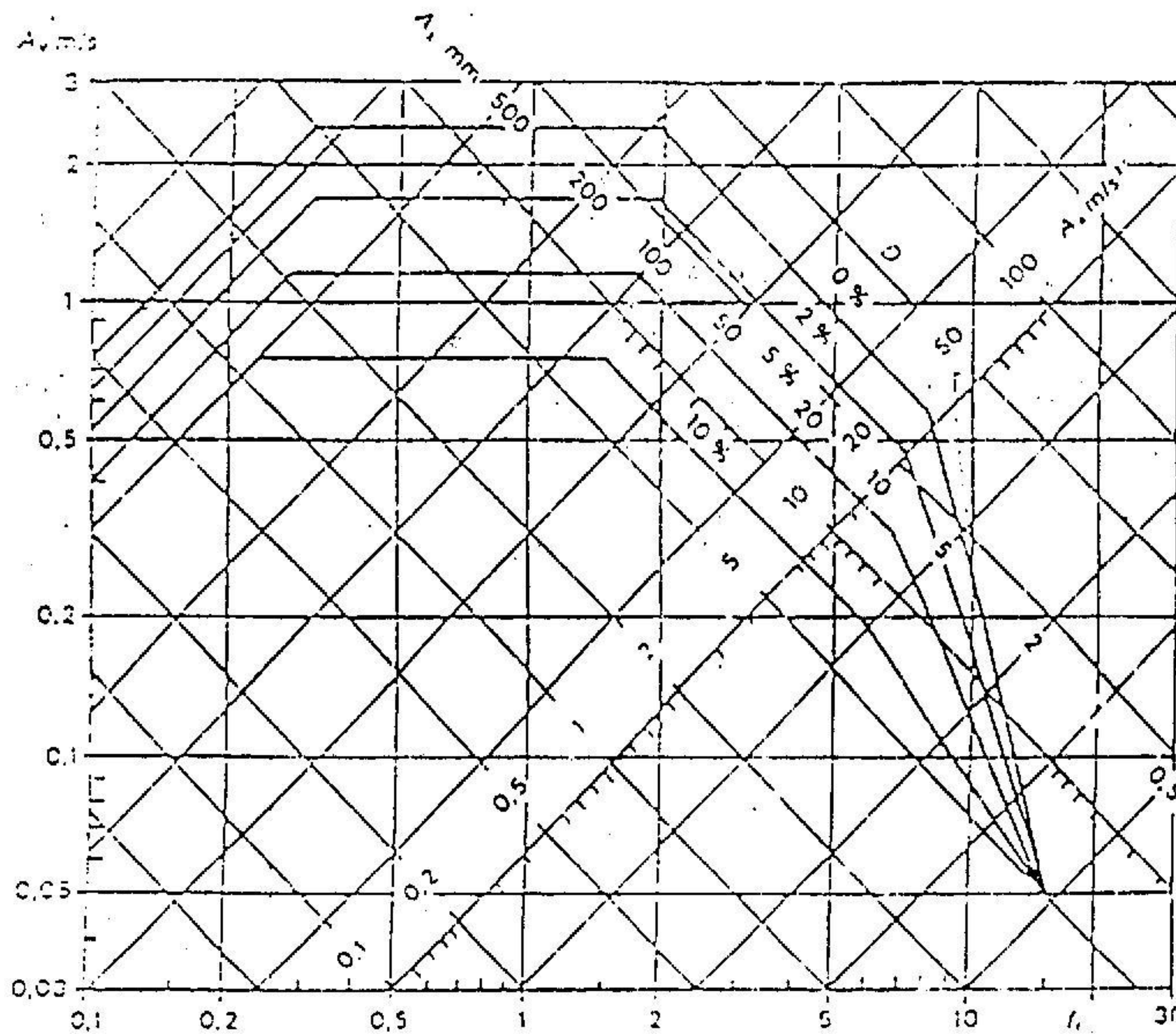
$T$  = periode

CATATAN Hubungan antara kecepatan, percepatan dan perpindahan dalam Gambar 3 dan 4 berlaku untuk nilai redaman rendah. Hal itu merupakan perkiraan dan berlaku untuk kecepatan respon relatif, akselerasi respon absolut dan perpindahan respon relatif.

Gambar 3 Spektrum respon dasar gempa-humi di lembah San Fernando (1971)

(Gambar 1) untuk nilai redaman 0, 2, 5 dan 10 %



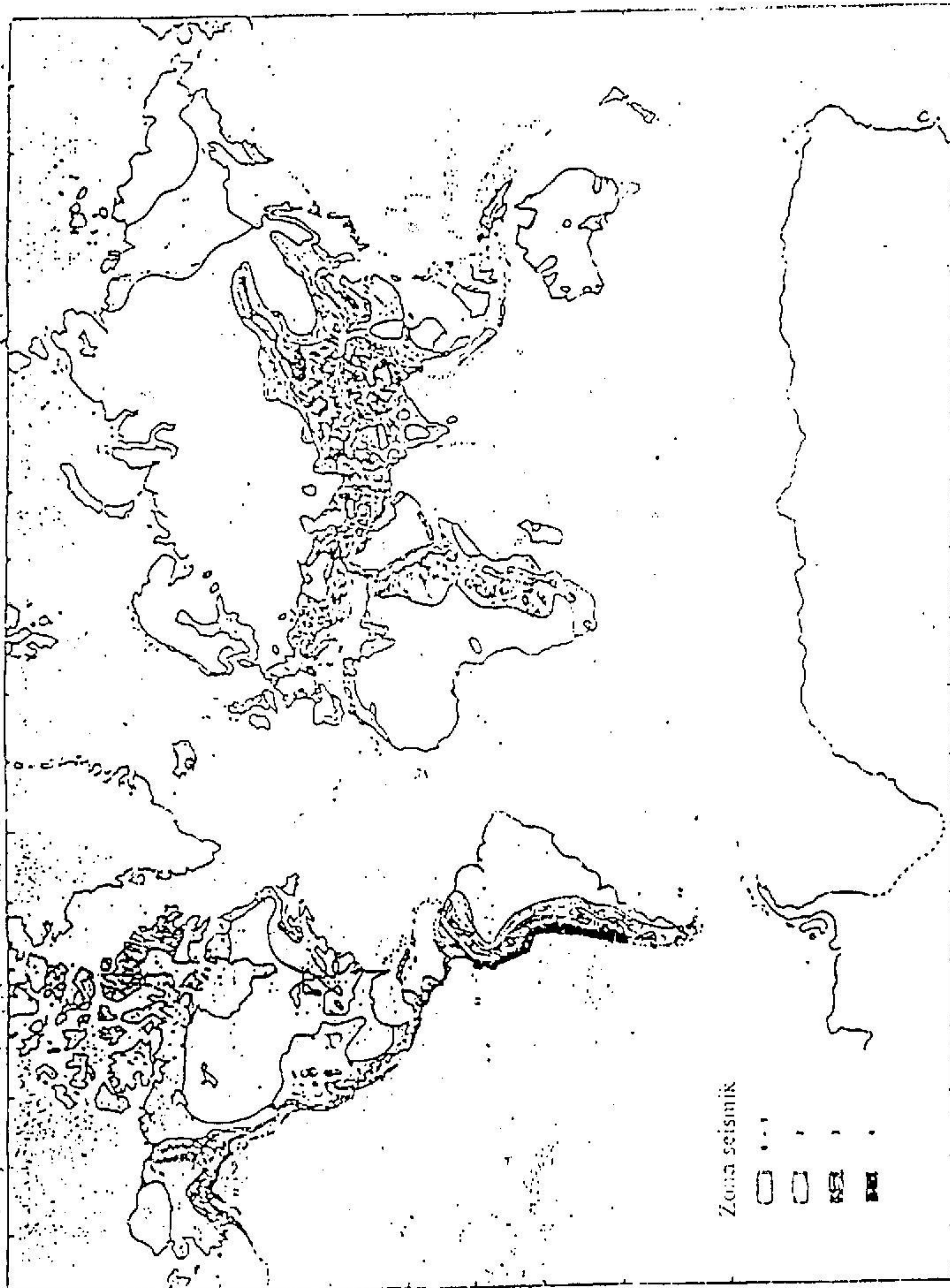


$A_a$  = amplitudo percepatan respon  
 $A_s$  = amplitudo perpindahan respon  
 $A$  = amplitudo kecepatan respon  
 $F$  = frekuensi  
 $T$  = periode

CATATAN Hubungan antara kecepatan, percepatan dan perpindahan dalam Gambar 3 (dan 4 berlaku untuk nilai redaman rendah. Hal itu merupakan perkiraan dan berlaku untuk perbandingan kecepatan respon relatif, percepatan respon absolut dan perpindahan respon relatif.

**Gambar 4 Contoh spektrum respon yang disyaratkan**





Gambar 5 Zone kegiatan gempa-bumi





















**BADAN STANDARDISASI NASIONAL - BSN**  
Gedung Manggala Wanabakti Blok IV Lt. 3-4  
Jl. Jend. Gatot Subroto, Senayan Jakarta 10270  
Telp: 021- 574 7043; Faks: 021- 5747045; e-mail : [bsn@bsn.go.id](mailto:bsn@bsn.go.id)